晶体图形的平面图示法

李　福　堂

（山东省地质矿产局实验室）

前　　言

为了形象地表示晶体形态，需绘制晶体立体图（又称测晶投影或斜视投影）。绘图时要将晶体向前倾斜一定角度并向左旋转一定角度。由于作图方法不同，晶体所旋转的角度也略有不同：晶轴架绘图法是将晶体向前倾9°26′，向左旋转18°20′；心射极平投影法是将晶体向前倾9°30′，向左旋转19°10′；而极射赤平投影法是将晶体向前倾10°，向左旋转20°。晶体经过这样的倾伏和旋转后，再置于人们视线前方的无限远处（这里说的是假定无限远，其目的是为了消除绘画透视中的近大远小的变形现象），使晶体上互相平行的晶棱在立体图上仍然保持平行关系，以便明显地表示出晶带。

就目前所知，绘制立体图有如下三种方法：一是纽曼（C. F. Naumann）首先采用，后经格洛特（P. Groth）改进的晶轴架法；二是哥尔德斯密特发明的根据心射极平投影画晶体立体图的方法；三是吴里弗（Г. В. Вульф）推荐的由费多洛夫和斯久伯（F. stöber）分别改进的根据极射赤平投影绘制立体图方法。上述三种方法都是精确的画图方法，第一种方法太复杂，目前一般已不采用了；第三种方法因为是使用吴氏网作图（按斯久伯方法可不使用吴氏网，而用圆规和三角板作图更方便），适合多数人的习惯，较易于被人们所接受。

在日常工作中，除了根据晶体测量结果绘制立体图外，一般不采用精确制图法，而是绘制晶形草图。画法是先用胶泥将晶体固定在载物玻璃板上，固定时注意定向：晶体的高次对称轴位于南北方向，同时将晶体以高次对称轴为轴反时针旋转约20°；然后放在实体显微镜下，手绘或者使用描绘器做素描。对于掌握了精确制图法的人来说，绘制这种草图是比较容易的，富有经验的人也能绘出很好的图来；而对于初学者，则往往不易正确地表示出晶带。这种经过倾伏和旋转绘制出来的图形不能如实反映出面角的大小，欲如实反映晶面与晶面、晶棱与晶棱之间的角度关系就要采用平面图的表示方法。

这种平面图表示法，实际上已经包含在前述绘制立体图方法之中了。除晶轴架法之外，一般都要先绘制俯视图。这种俯视图是一种平面图，它是视点位于晶体Z轴正上方无限远处时，观察晶体顶部或底部绘制的平面图。还有一种平面图叫侧视图，它是视点位于晶体正前方垂直于（100）或（110）方向上的无限远处时绘制的晶形图，这是一种正投影图，在这种图上可以把某些晶面与晶面、晶棱与晶棱之间的角度关系如实地表现出来。皮潘（J. P. Pupin）[1]的锆石图形就是采用了平面图的表示方法。笔者[2]也曾采用过这种表示方法。本文所要论述的就是这种平面图的精确绘制方法。

的极点就是观察点的极射赤平投影，点位处于基圆上正南方向的一点P_1，正好是晶面（100）的投影点（见图1）。如果把视点放在（110）晶面的垂线上时，作图平面平行于（110），它的极射赤平投影是与东西直径相交45°的北东一南西向的大圆直径（直立大圆），它的极点就是观察点的极射赤平投影，点位即处于基圆上南东45°的一点P_2，正好是（110）面的投影点。第三步，欲求某晶带上的晶棱方向时，只要将此晶带的投影与作图平面投影(直立大圆)的交点和视点（极点）连线，并将此连线反向延长交在基圆上一点（例如g），该点与圆心o连线，此连线的垂线方向就是所求的晶棱方向。下面以绘制锆石晶形{111}+{100}和{111}+{110}为例来具体说明（见图1）。由基圆和几条以直径为弦的弧组成的网状图形是锆石晶形{111}+{100}和{111}+{110}的极射赤平投影，东西直径K_1K_1'为视点垂直于（100）时作图平面的极射赤平投影，P_1是它的极点；K_2K_2'是视点垂直于（110）时作图平面的极射赤平投影，P_2是它的极点。极射赤平投影网正下方的田字方块图形是{111}+{100}的俯视图，它的作图平面与极射赤平投影面一致（平行于书面）；田字方块下方的K_1K_1'线段表示作图平面与极射赤平投影面的交线，K_1K_1'下面是经过转换投影面之后晶体的侧视图（它原来的作图平面是垂直于极射赤平投影，也就是垂直于书面的，转换后变成平行于书面的了，这才可能绘图）。右侧下方由四个等腰直角三角形组成的方块是{111}+{110}晶形的俯视图，它的作图平面和极射赤平投影图一致。其下面的K_2K_2'线段表示作图平面与极射赤平投影面的交线，K_2K_2'线段下方是经过转换投影面之后晶体的侧视图。

俯视图的校正如下：例如当要校正{111}+{100}的俯视图中（111）与（$1\bar{1}1$）两个晶面相交所成的晶棱方向时，先要找到其极射赤平投影点111和$1\bar{1}1$，它们所处的晶带为$\overset{\frown}{K_1\ 1\bar{1}1\ 111\ K_1'}$，用交叉相乘法求得此晶带符号是〔$\bar{1}01$〕，然后找到〔$\bar{1}01$〕晶带对应的弦是$K_1K_1'$，它的垂线方向是$oP_1$ 即是所求的晶面（111）与（$1\bar{1}1$）相交成的晶棱方向。同样，欲求（111）与（$\bar{1}11$）两晶面相交之晶棱方向时，也是先找到（111）与($\bar{1}11$）所在的晶带$\overset{\frown}{gea\ 111\ 100}$，用交叉相乘法求得其符号是〔$0\bar{1}1$〕，然后找到它所对应的弦$P_1og$，此弦的垂线方向$K_1oK_1'$，就是所求的晶棱方向。依上述方法将俯视图上所有的晶棱方向都校正好之后就可以绘制侧视图了。

2.侧视图

侧视图的绘法如下：先通过已校正好晶棱方向的俯视图中各节点（晶棱与晶棱的交点，如图1中的1、2、3、4、5、6、7、8和9为锥上端的节点），作垂直于线段K_1K_1'的直线。由于通过1、4和7点，2、5和8点，3、6和9点所作的垂线分别重合，所以图中只有三条垂线，这三条线既是柱面相交的各晶棱的方向线（从图1可以看出，欲找出柱面（100）和（110）相交的晶棱方向时，先要找到它们共处的晶带〔001〕，这刚好是投影图的基圆；作图平面的极射赤平投影是K_1K_1'，〔001〕晶带与K_1K_1'的交点也还是K_1K_1'，而极点P_1与K_1'连线时K_1'正好在基圆上，$K_1'oK$的垂线方向就是柱面(100)和(110)交棱的方向线），它们又限制着各锥面相交成的晶棱的长度，而两条外边界线又限制着晶体的宽

度。欲求锥面（111）和（$\bar{1}$11）之交棱方向时，先在极射赤平投影图上找到它们所在晶带〔0$\bar{1}$1〕，也就是gea（111）（100）弧，此晶带与K_1K_1'相交于a点，连接aP_1，并反向延长交基圆上一点c，然后连接co，co的垂线方向就是晶面（111）和（$\bar{1}$11）之交棱的方向线。随意确定好锥顶位置后，用三角板通过锥顶沿此方向画线段，长度由两节点所在平行线的间距控制。晶体下端晶棱方向，如（100）与（11$\bar{1}$）之交棱的画法如下：先在极射赤平投影图上找到它们的投影点（$\bar{1}\bar{1}$1）和（$\bar{1}$00）（这两点是（100）和（11$\bar{1}$）投影点的对蹠点）所在的晶带P_1fbg，用交叉相乘法求得其符号为〔011〕，此晶带与K_1K_1'的交点是b，然后连接P_1b，交到基圆上一点d，连接od并作od的垂线，就是所求的晶棱方向。用同样的方法可以一一求出所有的晶棱方向，从而得出精确的侧视图来。

用上述作图法绘制出的侧视图，虽然没有立体感，但它却能准确地表示出某些晶棱之间

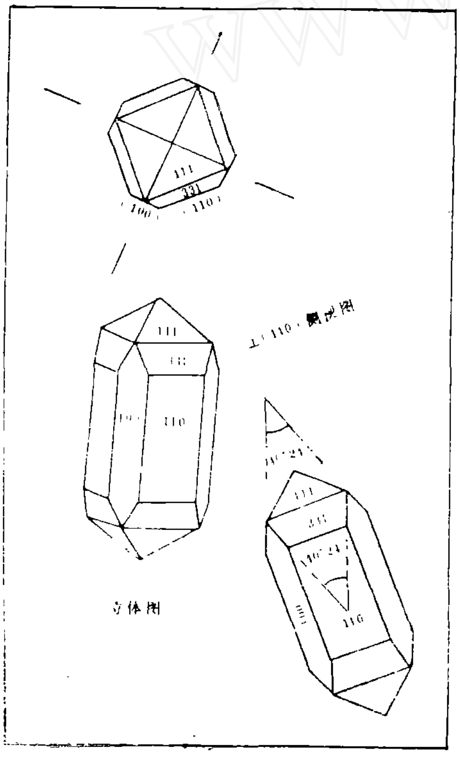

图2　锆石晶体｛111｝＋｛331｝＋｛110｝的立体图和侧视平面图

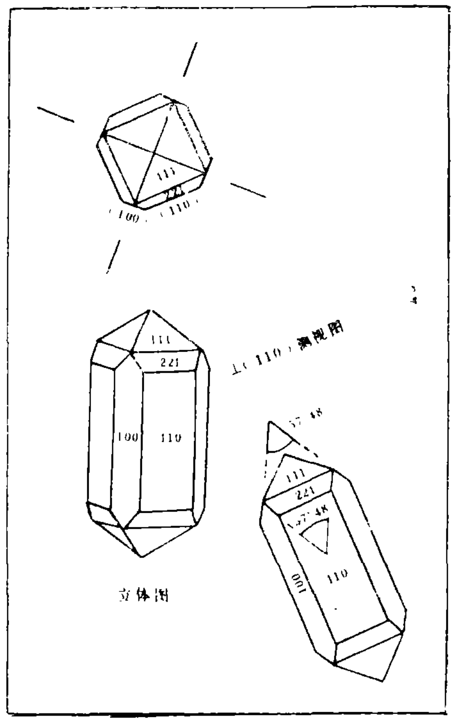

图3　锆石晶体｛111｝＋｛221｝＋｛100｝＋｛110｝的立体图和侧视平面图

的夹角（也可以把晶体放在偏光显微镜下通过旋转物台测量这些角度）。如笔者曾对云南的某锆石晶体标本作晶形鉴定，其晶形如图2所示。图中的（331）晶面原来认为可能是(221)，为了鉴定这一单形符号，笔者在偏光显微镜下测量了这一倒等腰梯形的两腰延长线的夹角，结果是40°左右；用上述作图法作出｛111｝＋｛331｝＋｛100｝＋｛110｝晶体的侧视平面图，经过计算，（331）二腰延长线的夹角是40°24′，因此可以确定此晶面是（331）而不是

（221）。为了进行对比，笔者又作出了{111}＋{221}＋{100}＋{110}晶体的侧视平面图，其中（221）晶面虽然也是倒等腰梯形，但是经过计算，它的二腰延长线夹角是57°48′（见图3）。

结 语

在日常工作中，并不总是需要使用正规而精确的制图方法来绘图，可以用投影法和计算法得出晶体各种单形组成的侧视图上晶棱之间的角度，使用量角器和三角板就可以比较准确地画出晶体的侧视平面图来，它要比立体图容易绘制。总之，平面图示法的优点是既能在侧视图上准确表示某些晶棱之间的角度关系，帮助我们正确地识别晶体的单形符号，又易于绘制，因此笔者认为此法是值得推荐的。

参 考 文 献

〔1〕 Pupin, J.P., 1980, Zircon and granite petrology. Contrib. Mineral. Petrol., 73, pp.207—220。

〔2〕 李福堂，1975，锆石的几个单形符号的简易确定方法。山东地质情报，第1期。

A METHOD FOR THE PLANAR ILLUSTRATION OF CRYSTAL FORMS

Li Futang

(The Laboratories, Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The drafting of the stereogram to present precisely a crystal form was accompanied with the use of a duoble ring reflection goniometer. The stereographic presentation methods of mineral crystals, however, have not been adopted widely by the heavy mineral researchers yet even over a hundred years later which caused some incorrect illustrations of crystal forms and crystallograp ic indices in the publications. In addition to the stereographic methods illustrating crystal forms, the methods for the planar illustration of crystal forms have also been introduced in the literature. In this paper the author presents a planar - stereographic projection method which is revised from the stereographic method by changing the view point as measuring and drawing the stereographic projection of a crystal; rather than turning the crystal 20° left and 10° dawn-front but putting the view point at the infinity in front of a crystal, i.e. normal to (100) or (110) planes of the crystal, and an elevation is then produced by the stöber's method. The graphs obtained in such a way can express the angles between the crystal edges and those beween the crystal faces which, in turn, can be useful for determining the crystal indices of them.

The steps for making the planar graphs of crystals are also described briefly in the paper so that the readers can draw fairly clear graphs of crystals by themselves.